

Міністерство освіти та науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
кафедра електричної інженерії

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з дисципліни «Електричні апарати»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

за спеціальністю G3 Електрична інженерія (за старим переліком спеціальностей
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Кривий Ріг – 2025 рік

Укладачі:

д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електричної інженерії О. Сінчук;

д-р філ., ст. викл. кафедри електричної інженерії В. Барановський;

аспірант кафедри електричної інженерії В. Левченко;

канд. техн. наук, доцент кафедри електричної інженерії А. Сьомочкин.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електричні апарати» призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей електротехнічного спрямування G3 «Електрична інженерія» (за старим переліком спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка).

У вказівках подано теоретичні відомості, мету та завдання лабораторних робіт, описи лабораторних стендів і електричних схем, порядок виконання експериментів, вимоги до оформлення звітів, а також контрольні запитання для самоперевірки знань. Лабораторні роботи спрямовані на вивчення принципів дії, конструктивних особливостей і характеристик електричних апаратів керування, захисту та комутації, а також на формування практичних навичок їх дослідження, налаштування та безпечної експлуатації. Методичні вказівки можуть використовуватися під час аудиторних занять, самостійної роботи студентів і підготовки до підсумкового контролю.

Розглянуто
на засіданні кафедри
електричної інженерії
Протокол №1 від 04.09.2025 р.

Схвалено
на вченій раді
електротехнічного факультету
Протокол № 1 від 05.09.2025 р.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1. Складання електричних кіл.....	4
Лабораторна робота №2. Дослідження автоматичних вимикачів.....	22
Лабораторна робота №3. Дослідження пристрою автоматичного включення резерву (АВР).....	30
Лабораторна робота №4. Дослідження реле часу.....	34
Лабораторна робота №5. Дослідження реле напруги та струму.....	40
Лабораторна робота №6. Дослідження контакторів постійного та змінного струму.....	46
Список використаних джерел.....	51

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Мета: Навчитись читати та практично складати електричні кола за завданнями, виробити навички з'єднання електричних кіл.

Обладнання: вимикачі, запобіжник, з'єднувальні провідники, магнітні пускачі, кнопки, лампочка, двигун.

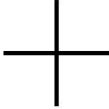
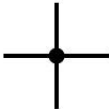
Теоретичні положення

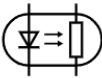
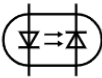
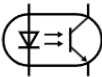
Вміння читати електричні схеми необхідно фахівцям різного рівня, включаючи любителів з «умілими руками». Щоб опанувати знання цієї сфери, потрібно розібратися в загальноприйнятих умовних позначеннях, які є основою будь-якої електросхеми.

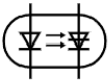
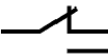
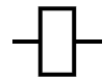
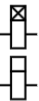
Електрична схема - це документ, у якому з допомогою загальноприйнятих умовних позначень показано взаємодія (з'єднання) окремих її компонентів. Використовується на всіх етапах життєвого циклу: від проектування, налагодження та експлуатації до ремонту та утилізації. Електричні схеми позначаються буквою "Е".

Електросхема є схематичним зображенням, детальний малюнок, на якому вказані всі елементи та їх зв'язки між собою. Це можуть бути умовні графічні позначення або УГО (лінії, геометричні фігури тощо), літери та цифри. Розглянемо, що означає кожне умовне позначення (таблиця 1).

Таблиця 1 – Умовні позначки на електричних схемах

Назва елемента	Загальноприйняте схематичне або буквене позначення	Пояснення та доповнення
Лінія зв'язку		Сполучним елементом на кресленні може бути кабель, шина, провід (на електросхемі завжди позначається як горизонтальна, вертикальна або розташована під кутом 45° лінія)
Просте перетин несоединённых проводов		Якщо дроти розташовані на кресленні так, що візуально вони утворюють перетин, але насправді не з'єднуються, це позначається у вигляді звичайного перехрестя
З'єднані між собою дроти		Крапка на місці перетину ліній зв'язку свідчить про те, що дроти фізично з'єднані
З'єднання із загальним проводом, корпусом		Якщо корпус (шасі, рама) струмопровідна, її можуть використовувати як загальний провідник (як в автомобілях)

Нульовий провід	N	Якщо біля дроту на кресленні стоїть буква «N», це так званий нульовий провід
Звичайна лампа розжарювання		L – символна позначка для лампи
Заземлення		Якщо електроустановка з'єднується із заземлюючим пристроєм, на цьому місці схема матиме такий значок
Загальна точка		Ще назви: загальний провід, GND, «земля»
Світлодіодний світильник		HL – літерне позначення для світлодіодів
Контакт замикаючий		У вимкненому положенні замикаючий контакт не пропускає електричний струм; умовна символна позначка – SA
Оптопара	U	Загальне літерне спецпозначення для оптопари, напівпровідникового приладу, який містить конструктивно та оптично пов'язані між собою джерело та приймач оптичного випромінювання
Резистивна оптопара		Умовне позначення оптопари, у якій фоторезистор використовується як фотоприймальний електроелемент
Діодна оптопара		Умовне позначення оптопари, в якій фотоприймачем елементом є кремнієвий діод
Транзисторна оптопара		Умовне позначення оптопари, в якій транзистор використовується як фотоприймальний елемент

Тиристорна оптопара		Умовне позначення оптопари, в якій кремнієвий фототиристор використовується як фотоприймальний елемент
Контакт розмикаючий		Визначає контакт нормально замкнутий
Вимірювальні прилади		Загальне позначення електровимірювальних приладів
Акумулятор або батарея (джерела живлення)	(A)  (B)  (C) 	Показано різні варіанти акумуляторів/батарей; прийняте літерне позначення - GB; якщо місце «G» написано букву «E», перед вами – зображення гальванічного елемента, що є джерелом електрорушійної сили
Контакт перемикаючий		Контакт електро ланцюга, який розмикає один електричний ланцюг та замикає інший
Реле		Комутаційний пристрій, який може встановлювати або розривати з'єднання в електромережах при настанні певних, заздалегідь заданих умов (пов'язані реле та контакт можуть мати однакове спеціальне позначення, наприклад: «P1» або «K»)
Реле часу на передньому або задньому фронті		
Амперметр		Загальне позначення приладу для вимірювання сили струму в ланцюзі
Вольтметр		Загальне позначення приладу для вимірювання напруги в мережі
Змінний резистор		

		Резистор, опір якого може змінюватись за допомогою регулюючого елемента
Постійний резистор		
Резистор із зазначенням потужності		Літерне позначення – R, також може вказуватися номінальний опір, який виражається в мегаомах, кіломах або омах. Коли всередині прямокутника, що позначає на важливій електросхемі резистор, є дві вертикальні паралельні риси, це означає, що його потужність розсіювання становить 2 Ватта; якщо такого спецпозначення немає, отже, даний резистор може мати навіть найменшу потужність
Транзистор PNP		Це – загальна літерна позначка для транзисторів польових та біполярних
Транзистори		Общее обозначение транзисторов прямой проводимости
Транзистор NPN		Загальне позначення транзисторів зворотної провідності – VT1-VT2, модель транзистора вказується поруч (наприклад, «КТ315»)
Динамік		Так відображається пристрій, який видає звук (колонка чи динамік); умовне літерне спецпозначення – BA
Стабілітрон звичайний		Напівпровідниковий діод, що працює в режимі пробію, символічна позначка – VD
Стабілітрон двосторонній		Друга назва – стабілітрон двоанодний
Стабілітрон тунельний		
Варікап		

Геркон  Герметичний контакт, що замикається під впливом магнітного поля для всіх перемикачів – SA

Гальванічний елемент  Загальне позначення електрохімічних джерел енергії

Електричний двигун 

Випрямляч  Пристрій, що перетворює змінний струм на постійний

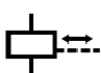
Запобіжник 
FU

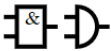
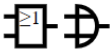
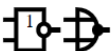
Змінний струм 

Діод  Якщо біля малюнка діода на кресленні (VD) стоїть цифра, вона показує порядковий номер цього діода

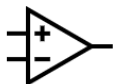
Розрядник 

Індуктивний опір 

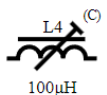
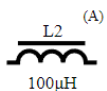
Електромагніт 

Конденсатор постійної ємності		Літерне спецпозначення – С
Роз'єм		Загальноприйнята символна умовна назва для роз'ємів
Генератор		Таким значком на схемах позначають різні пристрої, які можуть перетворювати механічну енергію на електрику
"І" (логічний елемент електрланцюга)		
«Або» (логічний елемент електрланцюга)		
«Ні» (логічний елемент електрланцюга)		
«Так» (логічний елемент електрланцюга, підсилювач)		
Тиристор		VS – літерне спецпозначення для тиристорів
Тиристор двонаправлений тріодний		
Двонаправлений діод		

Операційний підсилювач



Різні види котушок індуктивності



(A) Котушка намотана на сердечнику

(B) Котушка індуктивності з відведенням від середини

(C) Котушка з можливістю підстроювання індуктивності

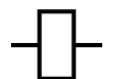
Транзистор польовий із каналом типу N



Пристрій підсилює



Котушка контактора/реле/електромагнітного гальма

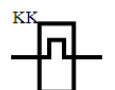


Літерна позначка – L

Ключ, тумблер або кнопка в розімкнутому стані (літерне позначення)



Нагрівальний елемент теплового реле



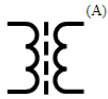
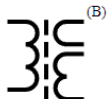
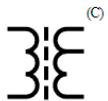
Розетка, в яку можна підключити вилку від електроприладу



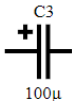
Електролітичний конденсатор поляризований



Пристрій постійної ємності, що використовується для накопичення заряду

Різні види трансформаторів		(A) з однією вторинною обмоткою
		(B) з двома вторинними обмотками
		(C) з однією вторинною обмоткою та відведенням із середини

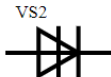
	Неполярний
---	------------

Приклади зображення конденсаторів (у центрі конденсатор електролітичний)		Полярний електролітичний
--	---	--------------------------

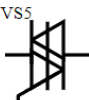
	Підбудовний
--	-------------

Фоторезистор		Так позначається прилад, який під впливом світла може змінювати величину свого опору
--------------	---	--

Фотодіод		Приймач оптичного випромінювання або фотодіод може також позначатися на кресленні ув'язненим у правильне коло
----------	---	---

Діністор	
----------	---

Двонаправлений діністор	
-------------------------	---

Симистор	
----------	---

Тактова кнопка	SB1 	Така кнопка натиснута, доки користувач тримає на ній палець, тому вона називається "кнопка без фіксації"
Кнопка "стоп"	SB2 	
Бuzzer (зуммер)	BA1 	Електромеханічний звуковипромінювач бeзeр: пасивний – для змінного струму, активний – для постійного
Контакт реле часу із затримкою на початкове включення	KT1.1 	
Контакт реле часу із затримкою на наступне включення		

Основні різновиди електричних схем

1.1. Структурна схема (E1)

Структурна схема відображає принципи роботи виробу в самому загальному виді. У схемі зображують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи), а також основні взаємозв'язки між ними. Дійсне розташування складових частин виробу не враховують і спосіб зв'язку (провідна, індуктивна, кількість проводів і т.п.) не розкривають. Побудова схеми повинна давати представлення про послідовність взаємодії функціональних частин у виробі. Напрямок ходу процесів, що відбуваються у виробі, позначають стрілками на лініях зв'язку (рис 1.1, рис 1.2).



Рисунок 1.1- Структурна схема радіоприймального пристрою

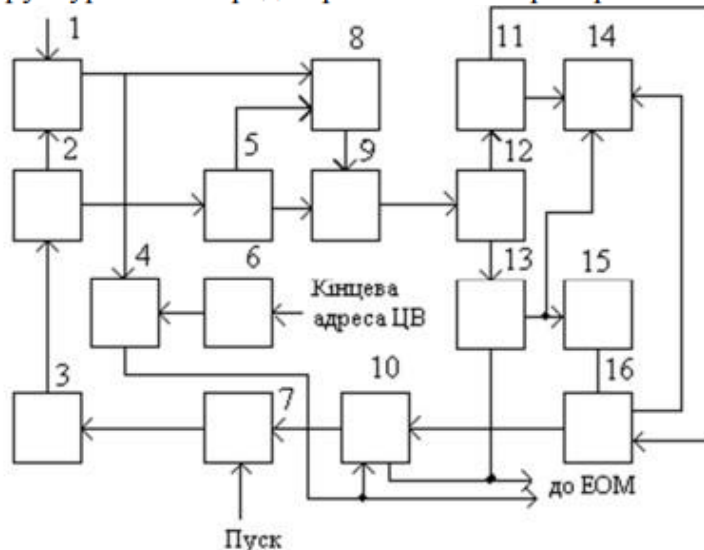


Рисунок 1.2 – Приклад виконання структурної схеми

Функціональні частини на схемі зображують у вигляді прямокутників чи умовних графічних позначень. При позначенні функціональних частин у виді прямокутників їх найменування, типи і позначення вписують в середину прямокутника. Припускається вказувати тип елементів (пристрою) чи позначення документів, на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований.

При великій кількості функціональних частин замість найменувань, типів позначень допускається проставляти порядкові номери, що наносяться праворуч від зображення чи над ним, як правило зверху вниз у напрямку зліва направо (рис 1.2). У цьому випадку найменування, тип і позначення вказують на полі схеми в таблиці довільної форми.

На схемах простих виробів функціональні частини розташовують у вигляді ланцюжка відповідно до ходу робочого процесу в напрямку зліва направо. Схеми, що утримують кілька основних робочих каналів, рекомендується викреслювати у вигляді паралельних горизонтальних рядків. Додаткові і допоміжні кола (елементи і зв'язки між ними) варто виводити зі смуги, зайнятої основними колами.

Для скорочення довжини складної схеми і підвищення наочності рекомендується по можливості основні кола розташовувати горизонтально, а допоміжні кола - вертикально чи горизонтально в проміжках між основними колами.

На схемі допускається вказувати технічні характеристики функціональних частин, що пояснюють написи діаграми, що визначають

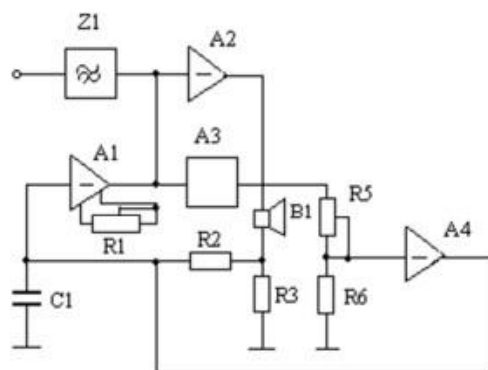
послідовність процесів у часі, а також параметри в характерних точках (величини струмів, напруг, форми і величини імпульсів і ін.). Дані розташовують поруч із графічними позначеннями чи на вільному полі схеми.

1.2. Функціональна схема (Е2)

Для складного виробу розроблюють кілька функціональних схем, що пояснюють процеси, які відбуваються, при різних передбачених режимах роботи. Кількість функціональних схем, розроблених на виріб, ступінь їхньої деталізації й обсяг зведень, що поміщаються, визначається розроблювачем з урахуванням особливостей виробу.

На схемі зображують функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи) і зв'язки між ними. Графічна побудова схеми повинна наочно

відбивати послідовність функціональних процесів, що ілюструється схемою. Дійсне розташування елементів і пристроїв може не враховуватися. Функціональні частини зв'язку між ними зображуються у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у стандартах ЄСКД (Рис 1.3). Окремі функціональні частини на схемі допускається зображувати у вигляді прямокутників. У цьому випадку частини схеми з по елементною деталізацією зображують за правилами виконання принципів схем, а при збільшеному зображенні - функціональних частин, за правилами структурних схем.



Поз. поз-нач.	Найменування	Кіл.	Прим.
A1	Підсилювач інвертуючий	1	
A2	Підсилювач потужності НЧ	1	
A3	Пристрій ООС	1	
A4	Підсилювач інвертуючий	1	
B1	Мікрофон	1	
C1	Конденсатор	1	
R1	Резистор підстроювальний	1	
...	і таке інше		
Z1	Фільтр високих частот	1	

Рисунок 1.3 – Приклад виконання функціональної схеми

На функціональній схемі вказують: для функціональних груп - позначення, привласнені їм на принциповій схемі, чи найменування (якщо функціональна група зображена у вигляді умовного графічного зображення, то її найменування не вказують); для кожного пристрою й елемента, зображеного умовними графічними позначеннями - літерно-цифрове позиційне позначення, привласнене на принциповій схемі, його тип: для кожного пристрою, що зображений прямокутником - позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, його найменування і тип чи позначення документа, на підставі якого пристрій застосований. Позначення документа вказують і для пристрою зображеного у вигляді умовного графічного позначення. Найменування, типи і позначення функціональних частин, зображених прямокутниками, рекомендується вписувати всередині прямокутника.

Скорочення чи умовні найменування повинні бути пояснені на полі схеми.

На схемі рекомендується вказувати технічні характеристики функціональних частин (рис. 1.4) поряд з графічними позначеннями або на вільному полі схеми.

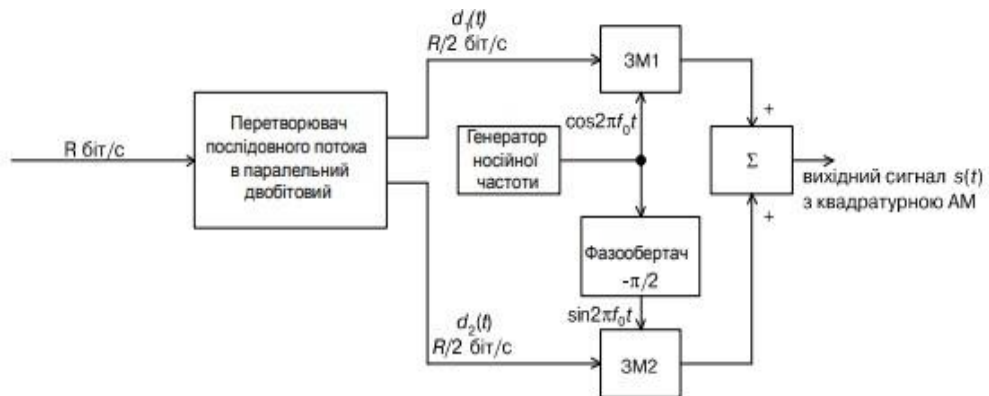


Рисунок 1.4 – Приклад виконання функціональної схеми модулятора

Елементи і пристрої на схемі допускається зображувати сполученим чи рознесеним способом, а схеми виконувати в багатолінійному чи однолінійному зображенні.

1.2 Принципова схема (ЕЗ)

Принципова схема є найбільш повною електричною схемою виробу, на якій зображують всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи підключення (рознімання, затиски), якими закінчуються вхідні і вихідні кола.

Електричні елементи на схемі зображують умовними графічними позначеннями, накреслення і розміри яких встановлені в стандартах ЄСКД. Елементи, використовувані в виробі частково, допускається зображувати не цілком, а тільки використовувані частини.

У схемах, що насичені умовними графічними позначеннями, дозволяється усі позначення пропорційно зменшувати, при цьому відстань (просвіт) між двома сусідніми лініями умовного графічного позначення повинна бути не менше ніж 0.8 мм (0.75 мм при використанні графічних редакторів САПР). Якщо схеми виконуються на великих форматах дозволяється усі графічні позначення пропорційно збільшувати.

Розміри умовних позначень окремих елементів можна збільшувати, якщо потрібно підкреслити особливе значення цих елементів або необхідно внести до них пояснювальні знаки.

Умовні графічні позначення креслять на схемі лініями такої ж товщини, як це зображено у стандартах на умовні графічні позначення (рекомендована товщина 0.25...0.4 мм). При виконанні креслень на листах формату А1 або А0 рекомендовано вибирати товщину лінії 0.5...1 мм.

Товщину ліній усіх умовних графічних позначень елементів дозволяється виконувати рівною товщині лінії електричного зв'язку.

Схеми виконують для виробів, що знаходяться у відключеному положенні. У технічно обґрунтованих випадках допускається окремі елементи схеми зображувати в обраному робочому положенні з указівкою на полі режиму, для якого зображені ці елементи.

Умовні графічні зображення елементів і пристроїв виконують суміщеним (рис 1.5а) чи рознесеним способом (рис 1.5б). Роздільно зображені частини елементів можна з'єднати лінією електричного зв'язку (рисками). При зображенні елементів рознесеним способом дозволяється на вільному полі схеми розміщати умовні графічні позначення елементів, виконані суміщеним способом. При цьому елементи, використовувані у виробі частково, зображують цілком із указівкою використаних і невикористаних частин (наприклад, усі контакти реле). Виводи невикористаних частин зображують коротше виводів використаних (рис. 1.6).

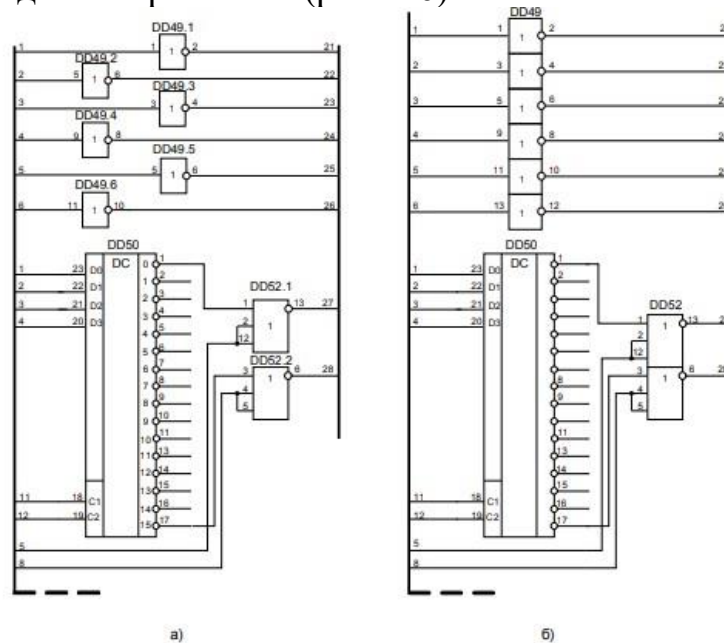


Рисунок 1.5 – Приклад виконання схем рознесеним (а) та суміщеним (б) способами

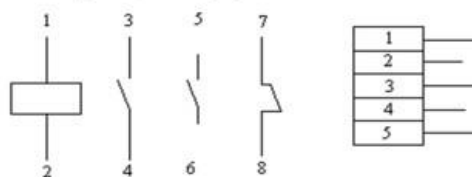


Рисунок 1.6 – Приклад виконання використовуваних та не використовуваних частин

Основні правила

Перед тим, як читати електросхеми, необхідно засвоїти кілька основних правил:

1. Проводити огляд необхідно зліва направо, не пропускаючи жодного електроелемента.
2. Подумки розділити все креслення на окремі вузли.

3. Потрібно брати до уваги всі деталі, враховуючи експлікації, зауваження, специфікації, посилання та пояснення.

4. Шукати назву деталі (якщо вона не розпізнана користувачем під час читання креслення) можна за її назвою (типономіналу) – вона зазвичай вказується поруч із графічним зображенням.

5. Необхідно обов'язково перевіряти параметри всіх компонентів на узгодженість роботи.

6. Щоб отримати повну інформацію про конкретну радіодеталь, потрібно подивитися на технічну специфікацію, звану «даташит» (datasheet).

Якщо потрібно ознайомитись з номіналами деталей, не шукайте цю інформацію на кресленні. Такі дані розташовуються окремо, щоб не захащувати малюнок занадто великим обсягом даних. Пам'ятайте, що біля умовного позначення неполярних конденсаторів вказують його ємність у мікрофарадах (мкФ або μF) або нонофарадах (nF), а біля неполярних електролітичних також ставлять знак "+". Номінальна робоча напруга при цьому вказують у вольтах (В або V).

Іноді біля загальноприйнятих літерних позначок резисторів на важливій електричній схемі можна побачити зірочку («*»). Зазначені таким чином деталі потребують окремого підбору номінального опору для налагодження правильної роботи електричного пристрою (електроланцюга). Щоб підібрати цей параметр, тимчасово таку систему включається змінний резистор, що має трохи більший опір, ніж зазначено на кресленні. Також при цьому використовується вимірник сили струму, який підключають у розрив ланцюга.

Це місце позначається на кресленні хрестиком, схожим на знак множення ($\times$). Біля нього вказується той діапазон сили струму, який необхідний у разі для нормальної роботи всієї представленої електричної системи (наприклад, «0,4-0,6 мА»).

Порядок читання електросхем

Як навчитися читати важливі електричні схеми? Для цього достатньо дотримуватись наступного алгоритму:

1. Побігло ознайомитися з кресленням загалом.
2. Прочитати вказані нижче примітки.
3. Вивчити технічні вимоги.
4. Розглянути всі компоненти, розташовані на кресленні, та зіставити їх із наявним переліком.

5. Знайти джерело живлення для обмоток магнітних пускачів, електродвигунів, реле, електромагнітів, регуляторів комплектних приладів тощо, дізнатися, який вид струму повинен використовуватися. Також потрібно з'ясувати, якими мають бути номінальна напруга, фазування (для ланцюгів змінного струму) або полярність (для ланцюгів постійного струму). Зіставити отримані дані з вхідними показниками застосовуваної апаратури.

6. Знайти електродвигуни (якщо є) і визначити, яке харчування їм потрібно.

7. Виявіть, які захисні пристрої використовуються (реле максимального струму, запобіжники, автомати).

8. Знайти комутаційні апарати.

9. Розглянути, де знаходяться запобіжники (у тому числі плавкі), вимикачі та визначити, за яку область вони відповідають.

10. Виявити керуючі пристрої, компоненти та визначити, які ланцюги включаються до роботи при перемиканні цих компонентів управління.

11. Проаналізувати кожний електричне коло, виявивши на ньому допоміжні та основні апарати та визначивши умови їх роботи.

12. Зробити загальний висновок роботи мережі загалом.

Важливо при пошуку на схемі елементів спочатку визначитися, з якою метою необхідно дізнатися про цю інформацію.

Наприклад, щоб зрозуміти, як правильно читати електричні схеми з електродвигуном, потрібно знайти магнітний пускач. Саме після його включення зібрана за представленою електросхемою електроустановка почне працювати. У випадку, коли в такий ланцюг включений контакт проміжного реле, потрібно розглянути його обмотки.

Як читати електричні схеми, якщо метою є ремонт елемента, що вийшов з ладу, наприклад, лампочки? У такому разі пошук слід розпочинати саме з позначення цього джерела світла.

Завдання до лабораторної роботи

Пряма та реверсивна схема підключення магнітного пускача

Магнітний пускач – це найчастіше трифазний апарат для частої комутації та прямого пуску електродвигунів та інших навантажень. Рухлива контактна група спроектована таким чином, щоб забезпечувати подвійний розрив. Управляється магнітний пускач котушкою з магнітним сердечником, який дає

високу швидкість спрацювання. Магнітний привід пускача управляється дистанційно від кнопок керування або систем автоматичного керування процесами (релейних чи електронних). Розберемо схему магнітного пускача, яка дасть важливе розуміння принципів його роботи.

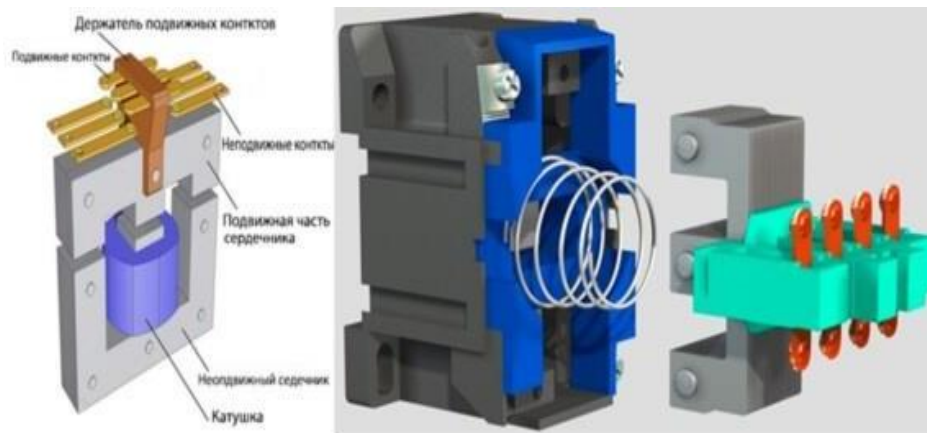


Рисунок 2.1 – Магнітний пускач

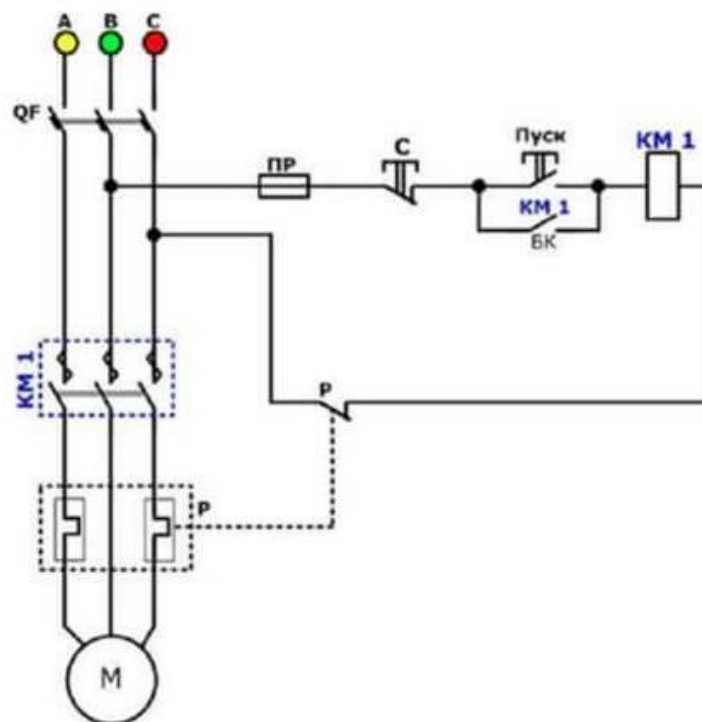


Рисунок 2.2 – Пряма схема підключення магнітного пускача

КМ1 – це силові контакти, які комутують електродвигун (М), поки котушка пускача КМ відключена, вони розімкнуті й двигун не працює.

КМ1 БК – допоміжний (блок-контакт) дуже важливий для правильної роботи схеми, він механічно пов'язаний з магнітним приводом і підключений паралельно до пускової кнопки. Тобто струм до котушки КМ може протікати через контакт пускової кнопки або через блок-контакт, або через обидва

одночасно. Мінімальною умовою роботи магнітного приводу КМ є замикання хоча б одного з них.

"Пуск" - це нормально відкритий контакт кнопки, він включає привід;

С – це нормально закритий контакт кнопки “Стоп”, її натискання розриває ланцюг живлення магнітного приводу та відключає електродвигун.

Р – нормально закритий контакт теплового реле. Якщо навантаження перевищить номінал, теплове реле спрацює і розімкне ланцюг управління.

Логіка роботи схеми магнітного пускача така:

Якщо вихідний стан як на малюнку, то натискання кнопки Пуск замикає ланцюг приводу котушки КМ1. Пускач спрацює, при цьому замикаються силові контакти КМ1 і контакт КМ1 БК - це означає, якщо відпустити кнопку Пуск, двигун продовжить працювати. У такому випадку виконується умова, при якій хоча б один із контактів КМ1 БК або “Пуск” був замкнений.

Якщо натиснути кнопку “Стоп”, а вона включена послідовно в ланцюг із пусковою кнопкою та блок-контактом, то ланцюг розімкнеться. Схема контактора перейде у вихідний стан. При знятті напруги з котушки КМ1 розмикаються і силові контакти, і блок-контакт КМ1 БК. Якщо кнопку відпустити, її контакти замкнуться, але живлення котушки КМ не відновиться, оскільки розімкнені КН 1БК і “Пуск”.

Якщо в процесі роботи двигун перегріється та спрацює теплове реле, привід вимкнеться. Контакт теплового реле Р увімкнено послідовно і розриває ланцюг управління. Натискання пускової кнопки ні до чого не призведе доки теплове реле не охолоне і не поверне контакти Р у замкнутий стан.

Логіка послідовного з'єднання контактів кнопки “Стоп” і теплового реле Р у тому, що електричному струму ніяк не пройти повз них і схема пускача розімкнеться при спрацюванні хоча б одного з них.

У схемотехніці це називається логічним І, - умовою роботи схеми є одночасний замкнутий стан І кнопки “Стоп”, І контакту теплового реле.

Тоді як паралельне з'єднання кнопки “Пуск” та блок-контакту є логічним АБО. Достатньою умовою спрацювання схеми пускача є замикання АБО одного, АБО другого контакту.

Завдання для самостійного аналізу

1. Проаналізувати реверсивну схему підключення магнітного пускача (Рис. 2.3) та пояснити принцип роботи схеми;

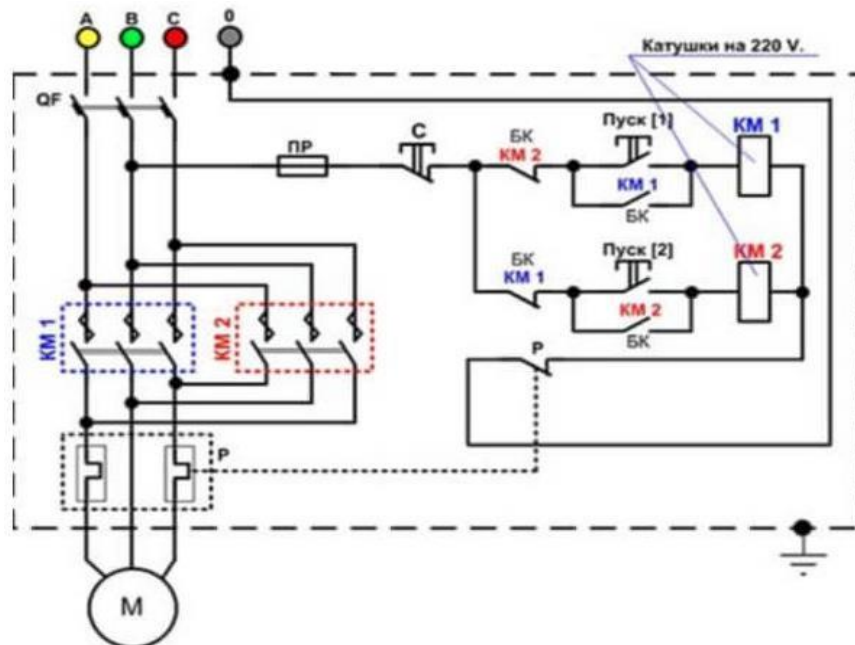


Рисунок 2.3 – Реверсивна схема підключення магнітного пускача

2. Зібрати на стенді схеми підключення магнітного пускача (Рис. 2.2 і Рис. 2.3);
3. Вивчити умовні позначення, які використовуються для побудови електричних кіл;
4. Виконати дослідження теплового реле типу “РТГ”

$I_{уст}$	$I_{нав}$	$t_{спр}$

5. Оформити звіт.

Питання для самоконтролю

1. Надати визначення терміну електрична схема.
2. Основні різновиди електричних схем?
3. Основні правила читання електричних схем.
4. Порядок читання електричних схем.
5. Пояснити як працює пряма схема підключення магнітного пускача?
6. Для чого використовують реверсивну схему підключення магнітного пускача?
7. Що таке магнітний пускач? Принцип дії?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ

Мета роботи: вивчити принцип дії та конструктивні особливості максимального та нульового захисту вимикачів.

1. Загальні відомості

При експлуатації електроустановок можливі такі режими роботи, коли електрообладнанню загрожує небезпека руйнування. До них відносяться коротке замикання (КЗ), при якому по пристрою проходять струми, що перевищують номінальний у сотні й тисячі разів, режим перевантаження та зниження напруги нижче допустимого рівня.

Термічна та електродинамічна дія струмів КЗ може вивести з ладу електрообладнання. Така ж загроза, проте у меншій мірі, існує при зниженні напруги в мережі та при струмах перенавантаження.

Функції захисту від аварійних режимів виконують автоматичні вимикачі. Автомат повинен негайно зреагувати на аварійний режим, що виникає в мережі та автоматично вимкнути пошкоджену ділянку. Для цього в конструкції автомата передбачені вузли елементів захисту, які автоматично знаходять появу в мережі ненормальних умов і дають сигнал на вимкнення.

Автоматичні вимикачі можуть обслуговувати ділянки мережі та окремі електродвигуни. Якщо автоматичні вимикачі призначені для управління двигуном із фазним ротором або пристроїв із пусковим пристосуванням, то в них обов'язково повинен бути передбачений нульовий захист. В автоматичних вимикачах, встановлених в мережі, нульовий захист не завжди передбачений.

Відомі такі основні різновиди автоматів:

1. Автомати постійного і змінного струмів, до яких немає особливих вимог у відношенні швидкодії (універсальні та установочні автомати).

2. Швидкодіючі автомати постійного струму, власний час вимикання яких лежить у межах від десятих долей мілісекунди до 5 мкс (автомати призначені для захисту установок, які перетворюють змінний струм у постійний, а також для захисту підстанцій з генераторами постійного струму).

3. Автомати гасіння магнітного поля, що швидко зводять до нуля магнітне поле, яке створюється обмотками збудження великих генераторів при появі КЗ у їх головному колі. В даній роботі досліджується трифазний автомат, що має розчіплювачі максимального струму для захисту від струмів короткого

замикання та теплові розчіплювачі для захисту від струмів перевантаження.

Конструкція автомату складається з 3 основних вузлів:

- 1) контактної та дугогасної систем;
- 2) механізму вільного розчеплення з елементами захисту – розчіплювачами.
- 3) приводу і механізму автомата.

Розчіплювач максимального струму електромагнітного типу служить для автоматичного приведення в дію пристроїв, що вимикають вимикач при проходженні через електрообладнання струму, значення якого перевищує максимально допустиме. Основна

частина розчіплювача максимального струму – електромагніт, котушки якого включають послідовно робочим контактам в коло робочого струму.

Струм уставки захисту визначають формулою:

$$I_{уст} = \frac{K_n \cdot I_{ном}}{K_{пов}},$$

де K_n – коефіцієнт надійності захисту, $K_n = 1,2 \dots 1,5$;

$K_{пов}$ – коефіцієнт повернення реле, $K_{пов} = 0,7 \dots 0,8$.

Для захисту від струмів перевантаження як тепловий розчіплювач використовують біметалеву пластину.

Щоб забезпечити двосторонній кінематичний зв'язок контактної системи із захисним реле, автоматичні вимикачі забезпечуються механізмом вільного розчеплення, який призначений для роз'єднання контактної системи при дії розчіплювачів. При нормальному струмі якір електромагніту знаходиться у відпущеному положенні під дією пружини або власної маси. При перевищенні допустимої сили струму якір електромагніту притягується до осердя, вимикаючи за допомогою механізму вільного розчіплення автоматичний вимикач.

Нульове реле автоматичних вимикачів служить для захисту електроустановок при надмірному зниженні робочої напруги аж до її повного зникнення. В більшості випадків нульове реле діє при зниженні напруги до 40... 60% від номінального значення. При зниженні робочої напруги нижче допустимої або при повному її зникненні якір відпадає і механічно діє на пристрій, що забезпечує негайне вимкнення автоматичного вимикача. Якщо в автоматичному вимикачі є ще й реле нульової напруги, кінематичний зв'язок між механізмом вільного розчіплення та реле може бути або безпосереднім, коли кожне реле має зв'язок з механізмом вільного розчіплювання або за допомогою нульового реле.

В останньому випадку з механізмом вільного розчіплення зв'язане тільки одне реле нульової напруги, а реле максимального струму такого зв'язку не має і своїми контактами увімкнено в коло катушки нульової напруги.

Принципова схема автомату на силу струму більше 200 А зображена на рис. 1. Струмоведуче коло має основні 3 і дугогасні 1 контакти. Автомат можна вимикати ручним способом (рукояткою 12) або електромагнітом 4. Ланки 6, 7 і упор 13 зв'язуючи з механізмом вільного розчіплювання. Вимикають автомат ручним способом рукояткою 12 або від розчіплювачів 5, 8, 10, 11. Швидкість розходження контактів забезпечується пружиною 9. Дугу, що утворилася при вимкненні, гасять у камері 2. Механізм автомату передає рух від приводу до контактів; утримує контакти в увімкненому положенні; звільняє контакти при вимкненні автомата; надає контактам швидкість, яка необхідна для нового увімкнення.

На рис. 2.2, а наведена схема найпростішого механізму, який застосовується в автоматах з силою струму до 1000 А.

При нормальному (неаварійному) увімкненні важелі 2 і 3 ведуть себе як один жорсткий важіль, тому що центр шарніра 0, який з'єднує ці ланки між собою, лежить нижче від лінії, що з'єднує точки 0_1 і 0_2 . Упор 5 не дає можливості скластися цим ланкам. При увімкненні на КЗ якір 6 електромагніту 7, який обтікається струмом КЗ, ламає важелі, як це показано на рис. 2.2, б; приводний важіль 4 і контактний важіль 1 виявляються незв'язаними, розчіпленими.

Під дією плоскої контактної пружини і власної маси контакти автомату розмикаються, відбувається вимкнення автомата. Рукоятка приводу буде обертатися проти годинникової стрілки. Для підготовки до нового увімкнення необхідно повернути рукоятку 4 до відказу за годинниковою стрілкою, і тоді ланки 2 і 3 згорнуться і знову будуть являти одну жорсткеу ланку, як показано на рис. 2.2, в. Недолік такого механізму - відносно велике зусилля для розчеплення, тому що при цьому необхідно деформувати контактну пружину.

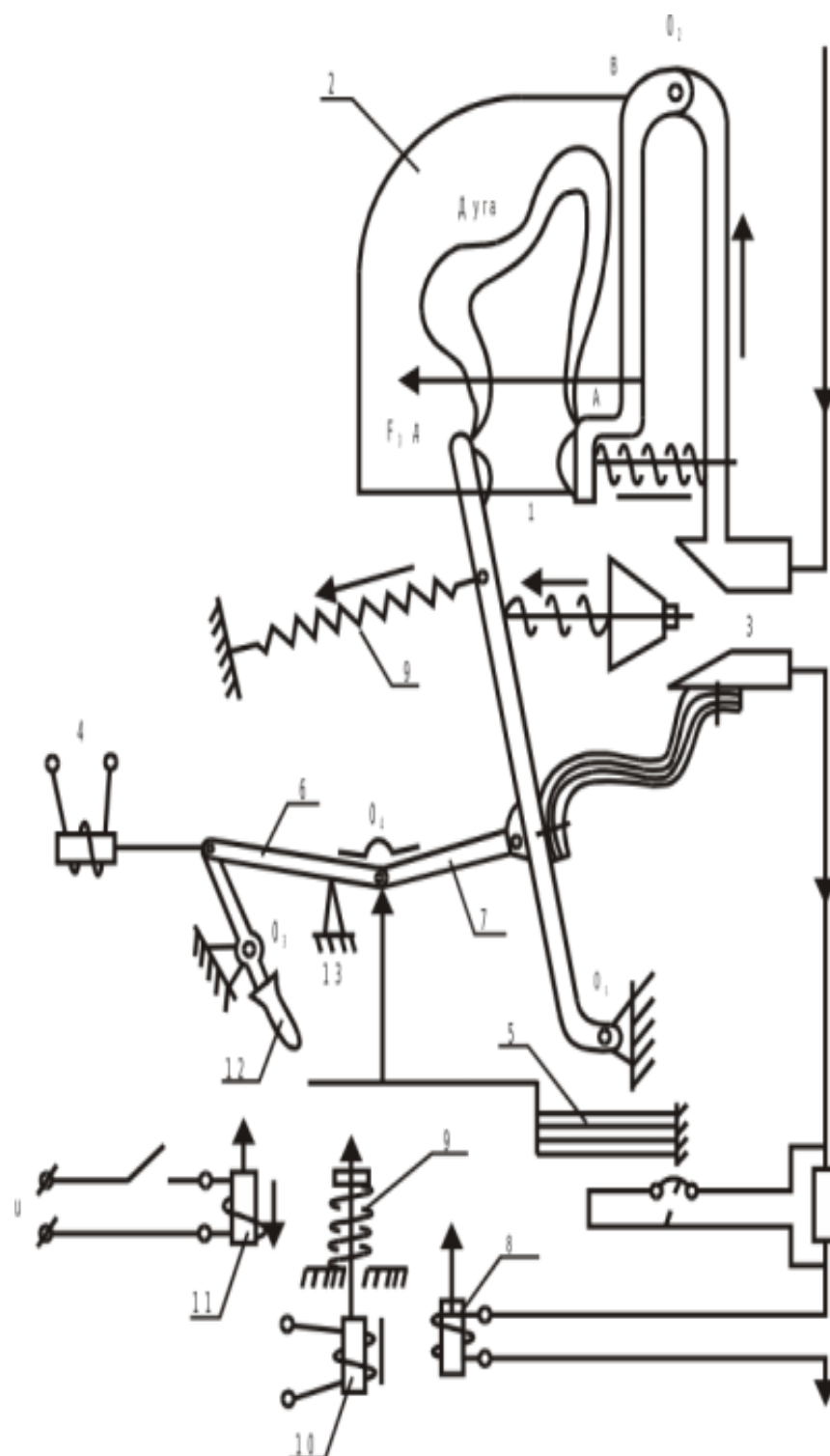
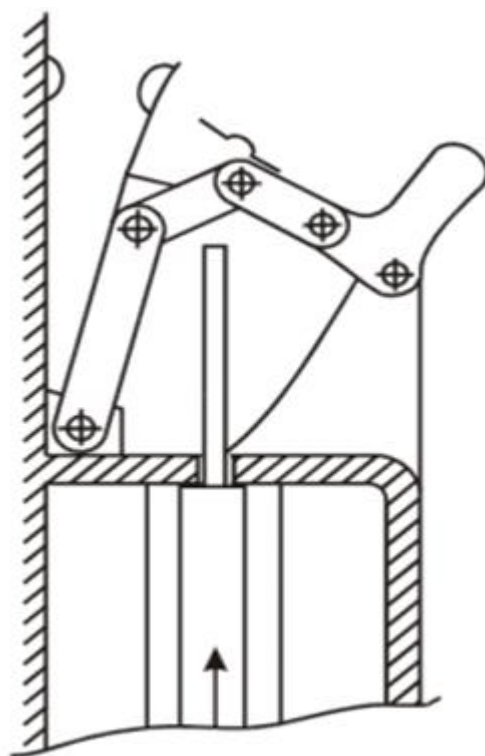
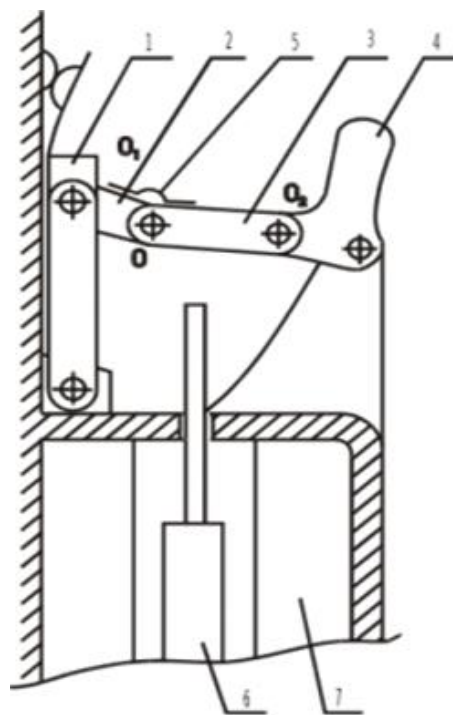
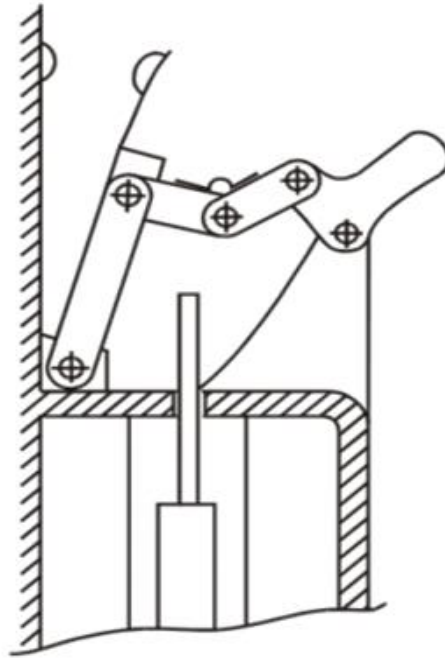


Рисунок 2.1 - Принципова схема автомата





в)

Рисунок 2.2 - Механізм найпростішого апарату

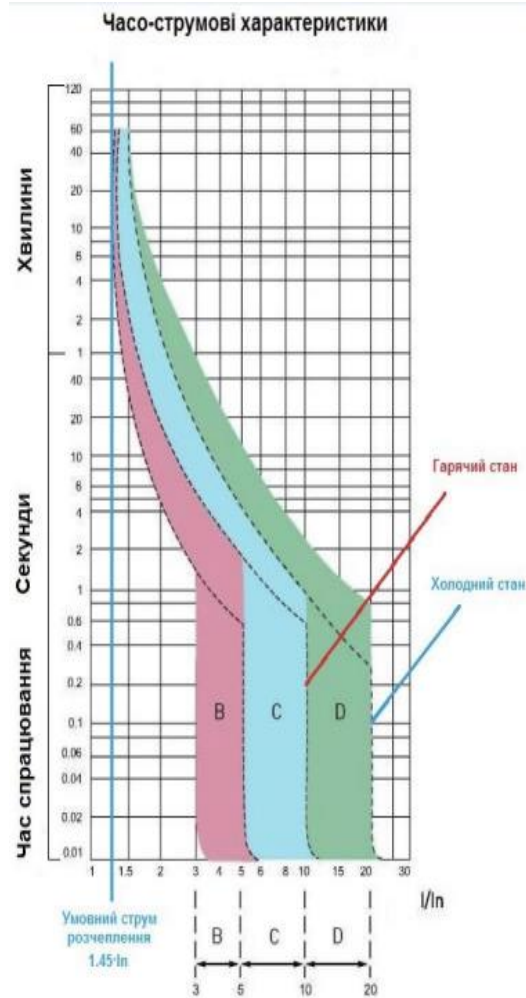


Рисунок 2.3 - Часо-струмові характеристики автоматичних вимикачів

2. Опис установки

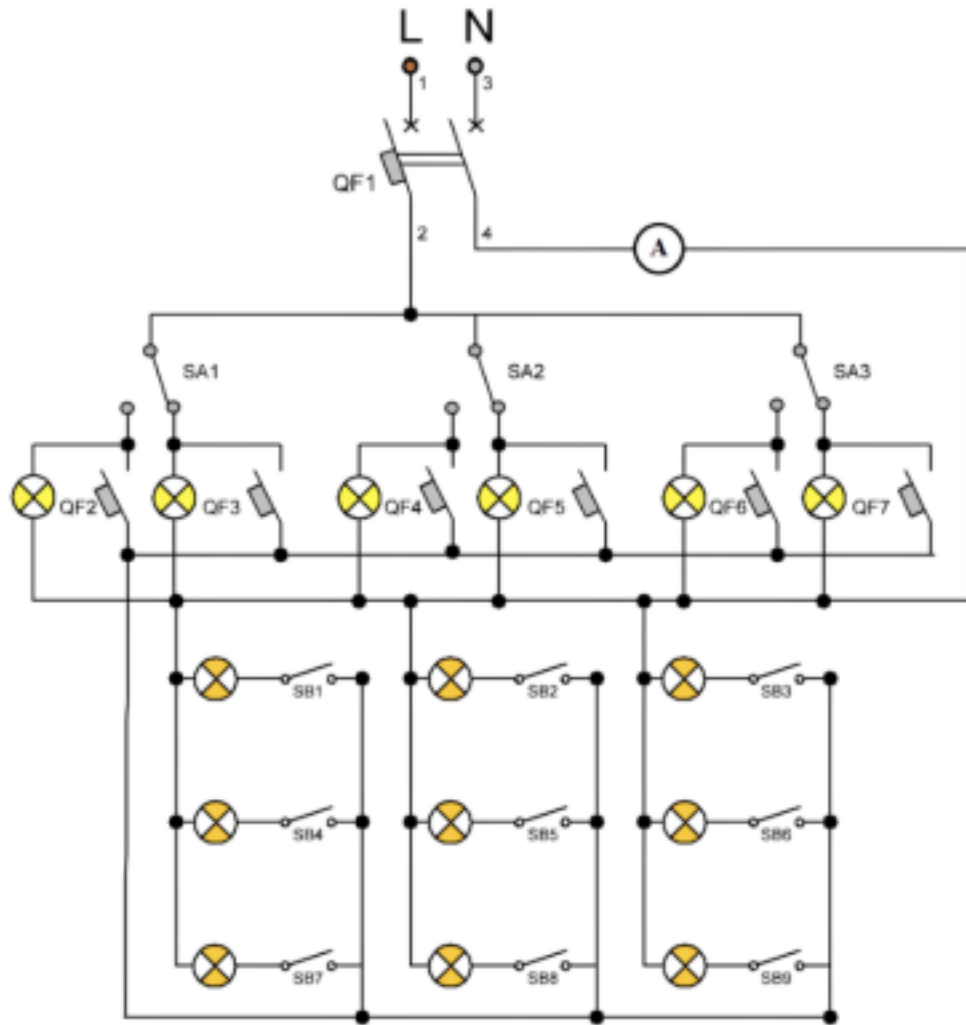


Рисунок 2.4 - Принципова схема лабораторного стенду

Складати і розбирати схеми для дослідження слід за відсутності напруги на стенді. Перед початком роботи викладач перевіряє правильність складання схем, після чого дозволяє включення напруги на стенд. Якщо при виконанні роботи виникли неполадки, необхідно зняти напругу зі стенда і звернутися до викладача.

3. Порядок виконання роботи

1. Скласти схему дослідження автоматичного вимикача.
2. Зняти залежність часу спрацьовування захисту автомату від сили струму $t_{\text{спр}}=f(I)$.

Тип автоматичного вимикача			
ЕТІМАТ (В1)			
ЕТІМАТ (С1)			

АСКО УКРЕМ (В1)			
АСКО УКРЕМ (С1)			
Е. NEXT (В1)			
Е. NEXT (С1)			

4. Зміст звіту

1. Схема дослідження теплового та максимального захисту.
2. Таблиці результатів вимірювань.
3. Короткий опис способу регулювання уставок максимального нульового захисту автоматичних вимикачів.
4. Графік залежності часу спрацювання захисту автомату від сили струму.
5. Висновки по роботі.

5. Контрольні питання.

1. Які функції виконують автоматичні вимикачі?
2. Перерахуйте основні різновиди автоматів.
3. Дайте коротку характеристику основних вузлів автомата.
4. Розкажіть про конструкцію максимального реле автоматів.
5. Розкажіть про конструкцію нульового реле автоматів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ВКЛЮЧЕННЯ РЕЗЕРВУ (ABP)

Мета: Ознайомитися з принципом роботи пристрою автоматичного ввімкнення резерву (ABP), вивчити його конструктивні особливості та алгоритм дії, дослідити режими роботи при зникненні напруги основного джерела живлення, а також перевірити умови автоматичного переключення навантаження на резервне джерело та повернення на основне.

Обладнання: Лабораторний стенд.

1. Теоретична частина

Призначення: втоматичне включення резерву (укр. ABP, англ. Automatic Transfer Switch – ATS) призначений для забезпечення безперебійного електропостачання споживачів за рахунок автоматичного переключення з основного джерела живлення на резервне у випадку аварійного зникнення або погіршення якості напруги.

Основні функції ABP:

- автоматичне виявлення аварійного стану основного джерела (зниження чи зникнення напруги, порушення фазності, асиметрія); - роз'єднання навантаження з основним джерелом;
- автоматичне підключення навантаження до резервного джерела живлення;
- у деяких схемах – автоматичне повернення на основне джерело після його відновлення.

Основні елементи ABP:

- апарати комутації (автоматичні вимикачі, контактори, вакуумні вимикачі);
- релейно-контактна логіка або мікропроцесорні пристрої; - блоки контролю напруги і частоти;
- системи сигналізації та індикації.

Типові схеми ABP:

1. *Одностороннє ABP* – навантаження повертається лише вручну на основне джерело.
2. *Двостороннє ABP* – після відновлення параметрів основного джерела навантаження автоматично повертається.
3. *ABP із дизель-генератором* – резервування здійснюється автономним

джерелом.

Сфера застосування:

- електростанції та підстанції;
- промислові підприємства;
- житлово-комунальне господарство (ліфти, системи пожежогасіння, вентиляція, лікарні тощо).

Призначення магнітних пускачей:

Магнітний пускач – це апарат для дистанційного вмикання й вимикання електродвигунів змінного струму, а також для їхнього захисту від перевантажень і коротких замикань.

Основні елементи:

- *електромагнітна система* (котушка і магнітопровід) – забезпечує втягування рухомої частини та замикання контактів;
- *силові контакти* – вмикають/вимикають головне коло живлення двигуна;
- *допоміжні контакти* – застосовуються в колах керування, сигналізації та блокування;
- *теплове реле* (часто інтегроване) – захищає двигун від перевантаження.

Принцип роботи:

При подачі напруги на котушку електромагніта утворюється магнітне поле, яке притягує якір. Разом з ним замикаються силові контакти, і електродвигун підключається до мережі. При зникненні напруги на котушці якір відпускається, контакти розмикаються і двигун зупиняється.

Типи магнітних пускачів:

- за кількістю полюсів (1-полюсні, 3-полюсні);
- з вбудованим тепловим реле та без нього;
- реверсивні (для зміни напрямку обертання двигуна) та неревверсивні.

Переваги магнітних пускачів:

- можливість дистанційного керування;
- використання в схемах автоматизації;
- швидка і надійна робота;
- захист від аварійних режимів.

Сфера застосування:

- керування асинхронними електродвигунами на виробництві; - системи

автоматизації (насоси, вентилятори, компресори, конвеєри);
 - побутові та комунальні системи.

2. Опис установки

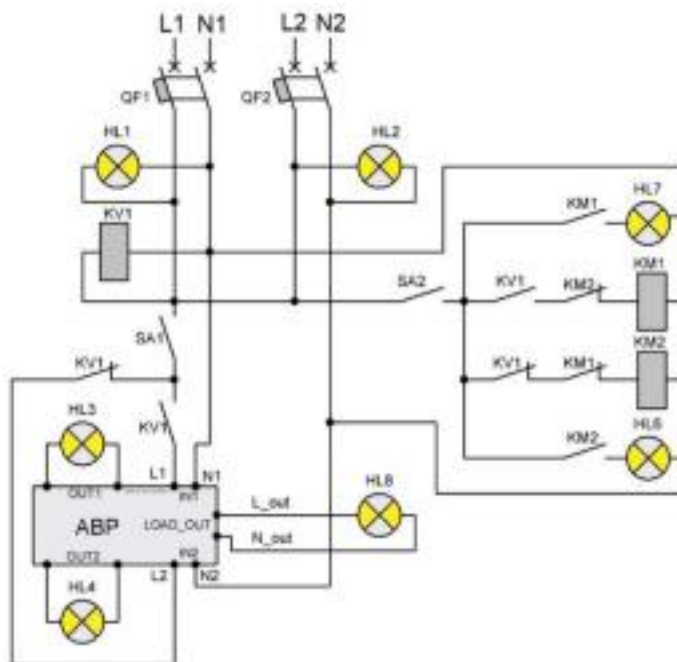


Рисунок 3.1 - Принципова схема лабораторного стенду

Скласти і розбирати схеми для дослідження слід за відсутності напруги на стенді. Перед початком роботи викладач перевіряє правильність складання схем, після чого дозволяє включення напруги на стенд. Якщо при виконанні роботи виникли неполадки, необхідно зняти напругу зі стенда і звернутися до викладача.

3. Порядок виконання роботи

1. Скласти схему дослідження автоматичного вимикача.
2. Зняти залежність часу пристрою АВР і магнітного пускача та внести отримані дані у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні дані досліджень роботи АВР та магнітного пускача

Дослід	АВР	Магнітний пускач
1		

4. Питання для самоконтролю

1. Що таке пристрій автоматичного ввімкнення резерву (АВР) та для чого він застосовується?
2. Які основні функції виконує АВР у системах електропостачання?
3. Які бувають типи схем АВР і в чому полягає їх відмінність?
4. Які елементи входять до складу пристрою АВР?
5. В яких випадках застосування АВР є обов'язковим для споживачів?
6. Що таке магнітний пускач і які його основні функціональні елементи?
7. Поясніть принцип дії магнітного пускача.
8. Чим відрізняється реверсивний магнітний пускач від нереверсивного?
9. Які захисні елементи можуть бути інтегровані у магнітний пускач?
10. У яких сферах найчастіше використовуються магнітні пускачі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ ЧАСУ

Мета: Ознайомитися з принципом дії, будовою та видами реле часу; вивчити схему підключення і порядок роботи реле часу в електричних колах; набути практичних навичок у налаштуванні та дослідженні параметрів спрацювання реле часу.

Обладнання: Лабораторний стенд.

1. Теоретична частина

Реле часу - це електричний апарат, призначений для комутації електричних кіл із певною часовою затримкою спрацювання або відпускання. Воно забезпечує автоматичне виконання операцій у заданій послідовності та є важливою складовою систем керування, захисту й автоматики.

Принцип дії реле часу

Реле часу працює за принципом створення затримки у замиканні або розмиканні контактів після подання або зняття напруги з котушки керування. Затримка може реалізовуватись за допомогою механічних, пневматичних, теплових або електронних елементів.

У загальному випадку процес роботи реле часу включає три етапи:

1. Подання напруги на вхідну обмотку реле.
2. Накопичення енергії або формування затримки у відповідному елементі.
3. Спрацювання контактної системи після закінчення встановленого проміжку часу.

Основні типи реле часу

1. **Електромеханічні (індукційні)** — працюють на принципі інерції рухомої частини або повільного розряду конденсатора.
2. **Пневматичні** — використовують регульований потік повітря через дросель, що створює затримку руху якоря.
3. **Теплові** — ґрунтуються на нагріванні біметалічної пластини струмом.
4. **Електронні (цифрові)** — забезпечують найвищу точність і широкий діапазон часу затримки; часто мають індикацію, дисплей і налаштування за допомогою кнопок або енкодера.

Основні параметри реле часу:

1. Номінальна напруга живлення, В
2. Діапазон часу спрацювання, с або хв

3. Точність відліку часу
4. Кількість і тип контактів
5. Номінальний струм контактів, А

Схема підключення реле часу

Реле часу зазвичай підключається в коло керування, паралельно або послідовно з котушкою пускача, контактора чи іншого апарата. Затримка може бути:

- на включення (коли контакти замикаються через певний час після подання напруги);
- на вимкнення (коли контакти залишаються замкненими деякий час після зняття напруги).

Застосування реле часу

- у схемах автоматичного пуску двигунів;
- у системах освітлення (затримка вимкнення);
- у технологічних процесах, де потрібна послідовність операцій; • у схемах захисту та сигналізації.

Висновок:

Знання принципу дії та характеристик реле часу дозволяє правильно підбирати і використовувати ці апарати в схемах автоматики та електроприводів. Практичне дослідження допомагає зрозуміти залежність часу спрацювання від типу реле, схеми підключення та умов експлуатації.

2. Опис установки

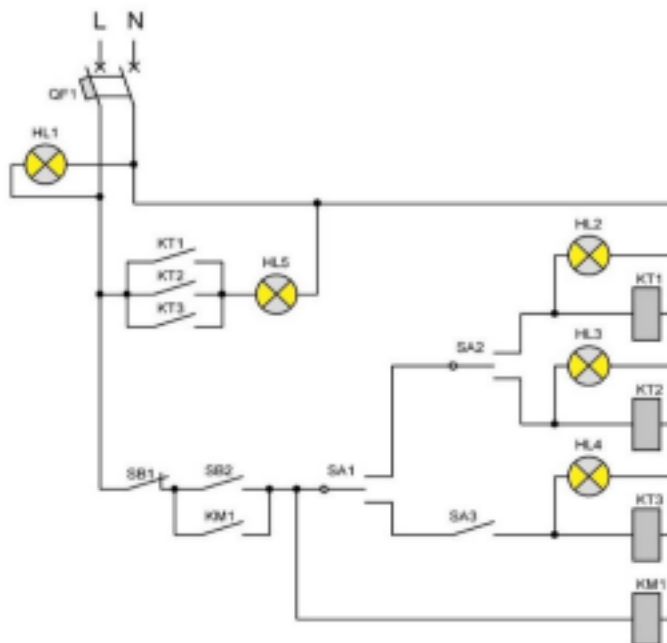


Рисунок 4.1 - Принципова схема лабораторного стенду

Складати і розбирати схеми для дослідження слід за відсутності напруги на стенді. Перед початком роботи викладач перевіряє правильність складання схем, після чого дозволяє включення напруги на стенд. Якщо при виконанні роботи виникли неполадки, необхідно зняти напругу зі стенда і звернутися до викладача.

3. Порядок виконання роботи

1. Скласти схему дослідження автоматичного вимикача.

2. Дослідження реле часу *KT1*.

Вмикаємо QF1. Натискаємо SB2. SA1 ліворуч. SA2 вниз.

Дослід № 1

№ з/п	$t_{уст}$	$t_{вимір}$	δ	$U_{жив}, В$
1				220
2				220
3				220
4				200
5				200
6				200
7				190
8				190
9				190

Дослід № 2

№ з/п	$t_{уст}$	$t_{вимір}$	δ	$U_{жив}, В$
1				220
2				220
3				220
4				200
5				200
6				200

7				190
8				190
9				190

Дослід № 3

№ з/п	$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{вимір ВКЛ}}$	$t_{\text{вимір ВИКЛ}}$	$\delta_{\text{ВКЛ}}$	$\delta_{\text{ВИКЛ}}$	$U_{\text{жив}}, \text{В}$
1	с					220
2	хв					220
3	с					190
4	хв					190

3. Дослідження реле часу КТ2.

Вмикаємо QF1. Натискаємо SB2. SA1 ліворуч. SA2 вверх.

Дослід № 4

№ з/п	$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{вимір}}$	δ	$U_{\text{жив}}, \text{В}$
1	15хв			220
2	15хв			190

4. Дослідження реле часу КМ1.

Вмикаємо QF1. Натискаємо SB2. SA1 праворуч. SA3 вверх.

Дослід № 5

№ з/п	$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{вимір}}$	δ	$U_{\text{жив}}, \text{В}$
1	10 с			220
2	10 с			220
3	10 с			220
4	10 с			200
5	10 с			200
6	10 с			200

Дослід № 6

№ з/п	t уст	t вимір	δ	U жив, В
1	10 с			220
2	10 с			220
3	10 с			220
4	10 с			200
5	10 с			200
6	10 с			200

Дослід № 7

№ з/п	t уст (T1)	t уст (T2)	t вимір (T1)	t вимір (T2)	δ (T1)	δ (T2)	U жив, В
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Дослід № 8

№ з/п	t уст (T1)	t уст (T2)	t вимір (T1)	t вимір (T2)	δ (T1)	δ (T2)	U жив, В
1							
2							
3							
4							
5							
6							

5. Дослідження реле часу КТЗ.

Дослід № 9

№ з/п	t уст	t вимір	δ	U жив, В
1				190
2				200
3				220

4. Питання для самоконтролю

1. Що таке реле часу та яке його основне призначення в електричних колах?
2. Який принцип дії реле часу на затримку увімкнення і на затримку вимкнення?
3. Які існують основні типи реле часу за принципом дії?
4. У чому полягають особливості будови електромеханічного та електронного реле часу?
5. Як змінюється час спрацювання реле при зміні напруги живлення?
6. Які параметри реле часу визначають його вибір для конкретної схеми?
7. Як підключається реле часу в коло керування контактором або пускачем?
8. Які переваги та недоліки мають електронні реле часу порівняно з електромеханічними?
9. У яких галузях техніки застосовуються реле часу?
10. Які заходи безпеки слід дотримуватися при дослідженні реле часу в лабораторних умовах?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ НАПРУГИ ТА СТРУМУ

Мета: Ознайомитися з принципом дії, будовою та характеристиками реле напруги і струму; вивчити їхнє призначення, способи підключення та регулювання; дослідити вплив зміни вхідних параметрів (струму і напруги) на спрацювання реле; набути практичних навичок у вимірюванні характеристик і визначенні основних параметрів реле захисту.

Обладнання: Лабораторний стенд.

1. Теоретична частина

Реле струму - це електричний апарат, який реагує на зміну струму в контрольованому колі та спрацьовує при досягненні струмом заданого порогового значення. Такі реле використовуються для захисту електрообладнання від перевантажень і коротких замикань, а також у схемах автоматичного керування.

Реле напруги - це електричний апарат, який реагує на зміну рівня напруги в електричному колі і спрацьовує при перевищенні або зниженні напруги відносно встановленого значення. Реле напруги застосовуються для контролю стану мережі та захисту електроустановок від перенапруги або зниження напруги нижче допустимого рівня.

Принцип дії реле струму

Реле струму - це реле, що реагує на зміну струму в колі. Воно спрацьовує, коли струм досягає певного заданого значення - струму спрацювання.

За принципом дії реле струму можуть бути:

- електромагнітні - основою є електромагніт, який притягує якор при перевищенні струмом заданого значення;
- індукційні - працюють на основі електромагнітної індукції, часто використовуються у змінному струмі;
- електронні або мікропроцесорні - реагують на сигнал з вимірювального кола через електронну схему.

Характеристика реле струму визначається залежністю часу спрацювання від струму, тобто $t = f(I)$. Для більшості захисних реле ця характеристика є обернено пропорційною: чим більший струм перевищення, тим менший час спрацювання.

Основні параметри реле струму:

- номінальний струм;

- струм спрацювання;
- діапазон регулювання;
- час спрацювання;
- клас точності.

Принцип дії реле напруги

Реле напруги реагує на зміну рівня напруги в контрольованому колі. Залежно від призначення, реле поділяються на:

- реле мінімальної напруги (спрацьовують при зниженні напруги нижче допустимої межі);
- реле максимальної напруги (спрацьовують при перевищенні заданої напруги);
- комбіновані реле, які контролюють як мінімальний, так і максимальний рівень напруги.

Принцип дії електромагнітного реле напруги ґрунтується на зміні магнітного потоку в обмотці, пропорційного прикладеній напрузі. При досягненні напругою певного рівня створюється магнітна сила, достатня для притягання якоря, що викликає замикання або розмикання контактів.

Реле напруги широко застосовуються для:

- захисту електрообладнання від перенапруги або зниження напруги;
- контролю параметрів мережі;
- автоматичного керування пристроями.

Застосування реле струму та напруги

- схемах автоматичного захисту електричних мереж від перевантажень і коротких замикань;
- контролі параметрів мережі у системах енергопостачання;
- автоматизації технологічних процесів;
- пускових та аварійних схемах електродвигунів.

Висновок:

Електронні реле напруги та струму замінюють класичні електромеханічні пристрої у сучасних системах автоматики. Вони мають вищу точність, менший час спрацювання, широкий діапазон налаштувань і часто оснащуються цифровими індикаторами. У мікропроцесорних реле контролюється не лише рівень напруги або струму, але й форма сигналу, частота, гармоніки тощо, що забезпечує більш надійний захист.

Практичне дослідження допомагає зрозуміти залежність спрацювання

від типу реле, схеми підключення та умов експлуатації.

2. Опис установки

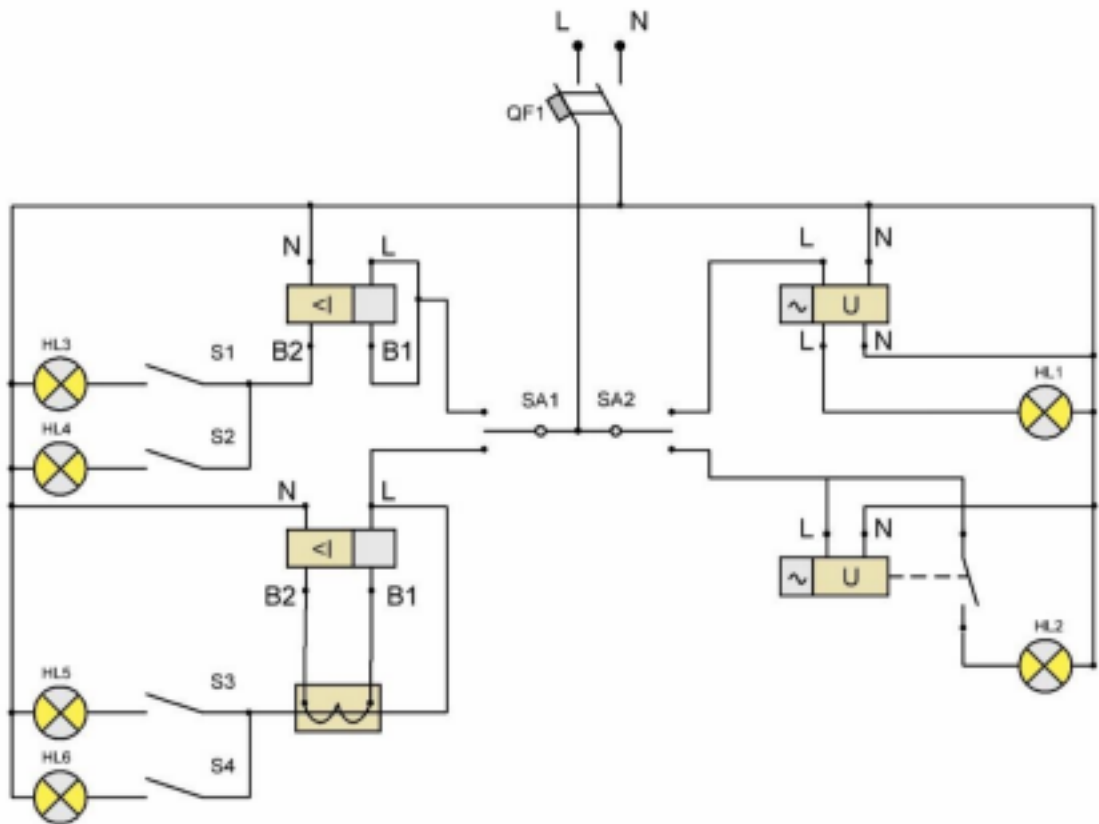


Рисунок 5.1 - Принципова схема лабораторного стенду

Скласти і розбирати схеми для дослідження слід за відсутності напруги на стенді. Перед початком роботи викладач перевіряє правильність складання схем, після чого дозволяє включення напруги на стенд. Якщо при виконанні роботи виникли неполадки, необхідно зняти напругу зі стенда і звернутися до викладача.

3. Порядок виконання роботи

1. Скласти схему дослідження реле струму та напруги.
2. Дослідження реле струму РС1.

Дослід № 1

№ з/п	$I_{\max}$	$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{вимір}}$	$U_{\text{жив}}, \text{В}$
1	10%	5с		220
2	10%	5с		220
3	10%	5с		220

4	10%	5с		200
5	10%	5с		200
6	10%	5с		200
7	10%	5с		190
8	10%	5с		190
9	10%	5с		190
10	10%	10с		220
11	10%	10с		220
12	10%	10с		220
13	10%	10с		200
14	10%	10с		200
15	10%	10с		200
16	10%	10с		190
17	10%	10с		190
18	10%	10с		190

3. Дослідження реле струму РС2.

Дослід № 2

№ з/п	I _{max}	t _{уст}	t _{вимір}	U _{жив} , В
1	10%	5с		220
2	10%	5с		220
3	10%	5с		220
4	10%	5с		200
5	10%	5с		200
6	10%	5с		200
7	10%	5с		190
8	10%	5с		190

9	10%	5с		190
10	10%	10с		220
11	10%	10с		220
12	10%	10с		220
13	10%	10с		200
14	10%	10с		200
15	10%	10с		200
16	10%	10с		190
17	10%	10с		190
18	10%	10с		190

4. Дослідження реле напруги РНІ.

Дослід № 3

№ з/п	U min/ max	U min/ max (латр) вкл	U min/ max (латр) відкл	t вкл (латр)	t вкл уст	t відкл (латр)	t відкл уст	ΔU вкл	ΔU відкл	Δt вкл	Δt відкл
1											
2											
3											
4											
5											
6											

5. Дослідження реле напруги РН2.

Дослід № 4

№ з/п	U min/ max	U min/ max (латр) вкл	U min/ max (латр) відкл	t вкл (латр)	t вкл уст	t відкл (латр)	t відкл уст	ΔU вкл	ΔU відкл	Δt вкл	Δt відкл
1											
2											
3											
4											

4. Питання для самоконтролю

1. Що таке реле і яке його основне призначення в електричних схемах?
2. Дайте визначення реле струму та поясніть принцип його дії.
3. Дайте визначення реле напруги та вкажіть його основні функції.
4. У чому полягає різниця між реле максимальної та мінімальної напруги?
5. Від яких факторів залежить струм (або напруга) спрацювання реле?
6. Які основні параметри характеризують реле струму?
7. Як впливає величина струму на час спрацювання реле струму?
8. Для чого використовуються електронні (мікропроцесорні) реле напруги та струму?
9. У яких колах і для яких цілей застосовуються реле струму та реле напруги в енергосистемах?
10. Що таке коефіцієнт повернення реле і як його визначити?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТОРІВ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ

Мета: Ознайомитися з будовою, принципом дії та особливостями роботи контакторів постійного та змінного струму; дослідити їх електромагнітні, часові та комутаційні характеристики; вивчити вплив конструктивних особливостей на процеси замикання, розмикання та гасіння дуги; опанувати методи складання схем керування на основі контакторів.

Обладнання: Лабораторний стенд.

1. Теоретична частина

Контактором називають електромагнітний апарат, призначений для частих комутацій електричних кіл під навантаженням. Основним призначенням контактора є дистанційне вмикання й вимикання споживачів електроенергії: електродвигунів, нагрівальних установок, трансформаторів, конденсаторних батарей тощо.

Контактори належать до апаратів оперативного керування, які працюють у повторно-короткочасних режимах та забезпечують велику кількість комутацій протягом експлуатації (десятки та сотні тисяч циклів).

Основні вимоги до контакторів

- висока механічна та електрична зносостійкість;
- надійне гасіння електричної дуги;
- стабільна робота при вібраціях і змінах напруги живлення;
- мінімальна маса та габарити;
- можливість дистанційного й автоматичного керування.

Принцип роботи електромагнітного контактора

Будь-який електромагнітний контактор складається з таких основних елементів:

1. Електромагніт (катушка та осердя) - створює магнітний потік, який притягує рухому частину.
2. Рухома та нерухома системи контактів - силові (головні) та допоміжні.
3. Дуго-гасильні пристрої - камери, пластини, перегородки.
4. Пружинний механізм - забезпечує повернення рухомої системи після знеструмлення катушки.
5. Корпус та ізоляційні деталі.

Принцип дії:

- на котушку подається напруга;
 - виникає магнітний потік, який притягує якір до осердя;
 - контакти замикаються, коло навантаження підключається до мережі;
- при вимкненні напруги пружина розмикає контакти;
- в момент розриву кола виникає дуга, яка гаситься дугогасильними пристроями.

Контактори змінного струму (АС-контактори)

Особливості будови:

Контактори змінного струму працюють при живленні електромагніту від мережі АС 50/60 Гц. Їхня конструкція має особливості:

- осердя складається з пакета шихтованих пластин, що зменшує вихрові струми;
- для уникнення вібрації якоря використовується демпферне кільце (шунт, короткозамкнутий виток);
- в дугогасильній камері застосовуються подовжні та поперечні магнітні дугодувки.

Переваги АС-контакторів:

- проста конструкція;
- невелика вартість;
- менше тепловиділення котушки;
- можливість комутації великих струмів.

Недоліки:

- можливе гудіння при зміні форми напруги;
- чутливість до зниження напруги живлення;
- обмежена швидкість спрацювання порівняно з DC-контакторами.

Контактори постійного струму (DC-контактори)

Особливості будови:

При роботі на постійному струмі електромагніт постійно знаходиться під статичним магнітним потоком. Тому:

- осердя виконують суцільним, а не шихтованим;
- рухома система має більшу масу;
- котушки DC-контакторів як правило мають більший опір (тонший провід, більше витків).

Проблема гасіння дуги:

На постійному струмі немає природного переходу через нуль, тому дуга

горить довше і гаситься важче. Отже, DC-контактори мають:

- більші розриви між контактами;
- дугогасильні камери з магнітним дуттям (котушки, постійні магніти);

посилений контактний тиск.

Переваги DC-контакторів:

- відсутність вібрації якоря;
- стабільне притягання;
- можливість роботи в широкому діапазоні напруг.

Недоліки:

- складніше гасіння дуги;
- більша маса;
- вища вартість.

Контактна система контакторів

Контактна система включає:

- головні контакти - комутують робочий струм;
- допоміжні контакти - служать для схем керування (NO, NC);

дугогасильні пристрої.

Вимоги до контактів:

- висока стійкість до дугової ерозії;
- мінімальний перехідний опір;
- достатня сила притискання.

Матеріали контактів:

- срібло, срібло-оксид-кадмієві сплави (АС);
- вольфрам, мідь-хром (DC).

Характеристики контакторів

При дослідженні контакторів визначаються такі параметри:

а) Номінальні параметри:

- номінальний струм;
- номінальна напруга кіл керування та силових кіл;
- категорія застосування (АС-1, АС-3, АС-4...).

б) Часові параметри:

- час замикання (t_n);
- час відпускання (t_o);
- час дугогасіння.

в) Електромагнітні параметри:

- сила притягання якоря;
- струм котушки в режимах пуску та утримання;
- залежність сили притягання від повітряного зазору.

Основні процеси при комутації

Під час замикання:

- електромагніт долає пружні сили;
- контакти з ударом змикаються;
- відбувається короткочасний перехідний процес.

Під час вимкнення:

- між контактами виникає дуга;
- відбувається її витягування та поділ;
- гасіння дуги відбувається у камерах.

На змінному струмі дуга гасне при переході через нуль, на постійному - тільки за рахунок дугогасильних систем.

Висновок

У ході виконання лабораторної роботи було досліджено будову та принцип дії контакторів постійного й змінного струму. Встановлено, що їх робота ґрунтується на електромагнітному притяганні рухомої системи, а відмінності між АС- та DC контакторами зумовлені особливостями гасіння дуги та характером струму живлення котушки. Під час дослідження отримано часові, електромагнітні та комутаційні характеристики, а також проаналізовано вплив конструктивних елементів на процеси замикання та розмикання контактів. Опановано принципи роботи схем керування на базі контакторів та сформовано практичні навички роботи з електромагнітними комутаційними апаратами.

Питання для самоконтролю

1. Для чого призначені контактори та в яких електричних колах їх застосовують?
2. Які основні елементи входять до складу електромагнітного контактора?
3. У чому полягає різниця між принципом роботи АС- та DC-контакторів?
4. Яким чином досягається гасіння дуги в контакторах змінного та постійного струму?
5. Яке призначення шунтового кільця (короткозамкнутого витка) у контакторах змінного струму?

6. Чому конструкція дугогасильних камер у DC-контакторів складніша порівняно з АС-контакторами?
7. Які параметри контактора належать до часових характеристик?
8. Що таке категорії застосування (АС-1, АС-3, АС-4) та яку роль вони відіграють?
9. Для чого застосовуються допоміжні контакти в схемах керування?
10. Як впливає величина повітряного зазору в електромагніті на роботу контактора?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Герман-Галкін С. Г. Електричні апарати : підручник. – Київ : Техніка, 2008. – 360 с.
2. Копилов І. П. Електричні апарати : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Київ : Вища школа, 2004. – 312 с.
3. Соколов В. В., Кудрявцев В. А. Електричні апарати низької напруги. – Київ : Енергоатоміздат, 2007. – 295 с.
4. Шидловський А. К. Теорія та розрахунок електричних апаратів. – Київ : Наукова думка, 2005. – 410 с.
5. ДСТУ ІЕС 60947. Апаратура комутаційна та керувальна низьковольтна. – Чинний стандарт.
6. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Чинна редакція.
7. IEC 60898. Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations. – International Electrotechnical Commission.
8. Chapman S. J. Electric Machinery Fundamentals. – New York : McGraw-Hill, 2012. – 688 p.
9. Mohan N. Electric Drives: An Integrative Approach. – Minneapolis : University of Minnesota, 2003. – 456 p.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні апарати» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво», спеціальності: G3 «Електрична інженерія».

Укладачі:

д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електричної інженерії О. Сінчук;

д-р філ., ст. викл. кафедри електричної інженерії В. Барановський;

аспірант кафедри електричної інженерії В. Левченко;

канд. техн. наук, доцент кафедри електричної інженерії А. Сьомочкин.

Реєстраційний № _____ від _____ 2025 р.

Підписано до друку _____ 2025 р.

Формат А5

Обсяг 52 стор.

Тираж 20 прим.

м. Кривий Ріг,
вул. Віталія Матусевича, 11